

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung



Aktenzeichen: 103 25 595.8

Anmeldetag: 05. Juni 2003

Anmelder/Inhaber: Kathrein-Werke KG, Rosenheim/DE

Bezeichnung: Hochfrequenzfilter, insbesondere nach Art
einer Duplexweiche

IPC: H 01 P 1/203



Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 16. Oktober 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

5 Hochfrequenzfilter, insbesondere nach Art einer Duplexweiche

10

Die Erfindung betrifft Hochfrequenzfilter, insbesondere nach Art einer Duplexweiche nach dem Oberbegriff des Anspruches 1.

15

20 In funktechnischen Anlagen, beispielsweise im Mobilfunkbereich, ist es häufig so, dass für die Sende- und Empfangssignale nur eine gemeinsame Antenne benutzt wird. Die Sende- und Empfangssignale nutzen dabei unterschiedliche Frequenzbereiche. Die verwendete Antenne muss zum Senden und Empfangen in beiden Frequenzbereichen geeignet sein. Zur Trennung der Sende- und der Empfangssignale ist von daher eine geeignete Frequenz-Filterung erforderlich, die sicherstellt, dass einerseits die Sendesignale vom Sender nur zur Antenne gelangen können (und nicht in Richtung des

25 Empfängers), und dass andererseits die Empfangssignale von der Antenne nur zum Empfänger weitergeleitet werden und nicht zu einer Störung mit dem Sender führen.

Zu diesem Zweck können jeweils geeignete Paare von Hochfrequenzfiltern eingesetzt werden.

5 Mit derartigen Hochfrequenzfiltern können unterschiedliche Konzepte umgesetzt werden. So ist es beispielsweise möglich, ein Paar von Hochfrequenzfiltern zu verwenden, die beide ein bestimmtes (nämlich jeweils das gewünschte) Frequenzband durchlassen (Bandpassfilter). Möglich ist aber auch ein Paar von Hochfrequenzfiltern zu verwenden, die beide ein bestimmtes Frequenzband (nämlich das jeweils unerwünschte) sperren (Bandsperrfilter). Des weiteren kann aber auch ein Paar von Hochfrequenzfiltern verwendet werden, die aus Filtern gebildet sind, von denen ein Filter Frequenzen unterhalb einer zwischen dem Sende- und Empfangsband liegenden Frequenz durchlässt und die darüber liegenden Frequenzen sperrt (Tiefpassfilter), und das andere Filter Frequenzen unterhalb der zwischen dem Sende- und Empfangsband liegenden Frequenzen sperrt und die darüber liegenden durchlässt (Hochpassfilter). Schließlich sind auch weitere Kombinationen aus den genannten Filtertypen möglich.

25 Eine der bekannten Realisierungsformen derartiger Filter erfolgt auf Basis der Streifenleiter-Technik, der Mikrostreifenleiter oder sog. Suspended-Substrat-Streifenleitungs-Technik. Diese Techniken bieten sich aufgrund ihres geringen Platzbedarfes und der geringen Herstellungskosten an.

30 Aus der Vorveröffentlichung "Microwave Journal" Vol. 45, No. 10, Oktober 2002 ist beispielsweise anhand eines Artikels "Reviewing the Basics of Suspended Striplines" die Suspended-Substrat-Streifenleitungs-Technik als bekannt zu

entnehmen. Gemäß dieser Vorveröffentlichung kann ein Einzelresonator in Suspended-Substrat-Streifenleitungstechnik aus einer leitfähigen Fläche auf einem dielektrischen Substrat (Platte) bestehen. Die dielektrische Platte, d. h. das Substrat, ist in einem gewissen Parallelabstand zu einer leitfähigen Fläche, die die Massefläche bildet, fixiert. Das Volumen zwischen der Unterseite des Substrates und der Massefläche ist in der Regel mit Luft gefüllt, kann aber auch aus anderen Dielektrikas bestehen. Bei einem Einzelresonator ist dann die erwähnte leitfähige Fläche entweder auf der Seite des Substrates vorgesehen, die zur Massefläche abweisend liegt, oder aber auf der gegenüberliegenden Seite, die der Massefläche zugewandt liegt. Ein Ende eines Resonators kann dabei kurzgeschlossen werden, wobei das andere Ende nicht kurzgeschlossen wird. In diesem Falle entspricht die mechanische Länge des Resonators einem Viertel der elektrischen Wellenlänge. Ist keines der Enden kurzgeschlossen, entspricht die mechanische Länge der Hälfte der elektrischen Wellenlänge. Die Resonanzfrequenz des Suspended-Substrat-Resonators selbst wird durch seine Länge bestimmt.

Ein gattungsbildender Hochfrequenzfilter ist beispielsweise aus der Vorveröffentlichung "MICROSTRIP FILTERS FOR RF/MICROWAVE APPLICATIONS", Jia-Sheng Hong and M.J. Lancaster, 2001, insbesondere aus Figur 6.5 auf Seite 170 zu entnehmen. Dort ist beispielsweise eine elektrische Leitung in Streifenleitungstechnik wiedergegeben, wobei in geringem Abstand benachbart zu dieser Leitung mehrere U-förmige Resonatoren oder gerade, d. h. streifenförmig verlaufende Resonatoren vorgesehen sind. Die gerade verlaufenden Resonatoren bzw. die Schenkel der U-förmig gebildeten Resonatoren verlaufen dabei rechtwinklig zu der

streifenleitungsförmigen Leitung. Der Seitenabstand der einzelnen Resonatoren in Richtung der Streifenleitung beträgt jeweils $\lambda/4$.

5 Bei der vorstehend erläuterten vorbekannten Lösung wird die in der Regel mit einem Wellenwiderstand von 50 Ohm durchgehende Leitung mit den gerade verlaufenden Resonatoren kapazitiv und mit den U-förmigen Resonatoren induktiv angekoppelt. Das Maß der Ankopplung wird durch den Abstand
 10 zwischen Leitung und Resonator, der Breite des Resonators, sowie den Eigenschaften des Substratmaterials (Substrathöhe und Dielektrizitätszahl bestimmt. Das Maß der Ankopplung kann aufgrund der symmetrischen Struktur rechnerisch aus einem Tiefpass-Prototypen ermittelt werden.

15

Bei Mikrostreifenleitungen ist aufgrund der höheren Dielektrizitätszahl des Substratmaterials die Feldkonzentration im Substrat höher als in der Luft. Durch Verunreinigungen im Substratmaterial und wegen der hohen Feldkonzentration im Substrat ergeben sich für eine solche Schaltung hohe dielektrische Verluste. Zusätzlich ergeben sich
 20 aufgrund der verkleinerten Leiterstrukturen erhöhte Feldkonzentrationen im Bereich der metallischen Leiter. Dies führt aufgrund des Widerstandes der metallischen Oberfläche zu Leiterverlusten. Diese beiden Faktoren bewirken relativ hohe Verluste für Mikrostreifen-Schaltungen. Ein weiterer Nachteil dieser Technik ist die Empfindlichkeit der Ankopplung bezüglich Ätztoleranzen und Streuungen der Dielektrizitätskonstanten des Substratmaterials.

30

Die Ausbildung von Filterstrukturen wie z.B. Bandpässen, Hochpässen oder Tiefpässen oder Bandsperren in Suspended-Substrat-Technik bietet gegenüber der herkömmlichen

Mikrostreifenleitung-Technik den Vorteil, dass die dielektrischen und metallischen Verluste minimiert werden können. Durch den Luftspalt zwischen Substrat und Massefläche verringert sich der Einfluss des Substratmaterials auf die Feldkonzentration und effektiv wirksame Dielektrizitätszahl. Je geringer der Anteil des Substrates (d. h. die Höhe des Substrates im Verhältnis zum Luftanteil) und je höher der Anteil der Luft (d. h. der Abstand des Substrates gegenüber der Massefläche) ist, desto geringer werden die dielektrischen Verluste der Schaltung. Ferner ermöglicht dies, den Einfluss der herstellungstechnisch bedingten Schwankungen der Dielektrizitätszahl des Substratmaterials auf die elektrischen Eigenschaften der Schaltung zu verringern.

Ergänzend zu dem o. g. gattungsbildenden Stand der Technik ist es ebenfalls bereits bekannt geworden, einen Hochfrequenzfilter oder allgemein eine Bandsperre in Suspended-Substrat-Technik so aufzubauen, dass die Resonatoren wechselweise auf der Ober- und der Unterseite des Substrates vorgesehen sind, wodurch eine Verkopplung der einzelnen Resonatoren des Bandpasses, d. h. des Hoch- oder Tiefpasses durch das Substrat hindurch realisiert wird.

Im Mobilfunkbereich werden häufig für die Filter Bandpassfilter verwendet. Diese bieten unter anderem die Möglichkeit, durch das Einfügen von Überkopplungen das Durchlassverhalten an bestimmte Anforderungen innerhalb gewisser Grenzen anpassen zu können. Aufgrund des grundsätzlich symmetrischen Durchlassverhaltens eines Tschebyscheff-Bandpasses ist es bei asymmetrischen Anforderungen nicht immer möglich, die geringstmögliche Anzahl an Resonatoren zu verwenden. Durch diese an sich nicht notwendige Erhö-

hung der Resonatorzahl erhöhen sich aber auch die Verluste. Nachteilig wird ebenfalls der Herstellungs- und Abgleichaufwand sowie das Bauvolumen eines derartigen Filters beeinflusst.

5

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es von daher, ein verbessertes Hochfrequenzfilter (HF-Filter) zu schaffen, beispielsweise in Form einer Bandsperre, welches insbesondere auch für eine Duplexweiche (Duplexfilter) verwendet werden kann.

10

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß entsprechend den im Anspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

15

Durch die vorliegende Erfindung wird ein verbessertes Hochfrequenzfilter, insbesondere eine verbesserte Bandsperre insbesondere auch in Form einer Duplexweiche geschaffen, die ein verbessertes HF-Sperr- bzw. Durchlassverhalten aufweist, und dies bei insgesamt vergleichsweise geringem Bau- und Montageaufwand bzw. Bauvolumen.

20

25

Die erfindungsgemäße Lösung des Filters bzw. der Duplexweiche erfolgt in Suspended-Substrat-Streifenleitungstechnik, um - wie erläutert - die Leitungs- und Substratverluste schon von Hause aus möglichst gering zu halten.

30

Erfindungsgemäß ist es aber nunmehr möglich geworden, die Bandsperrefilter so aufzubauen, dass ein asymmetrischer Verlauf des Sperrbereiches realisiert wird. Dies bedeutet eine Verringerung des Frequenzabstandes zwischen Sperr- und Durchlassbereich auf der einen Seite des Sperrberei-

ches bei einer gleichzeitigen Vergrößerung des Frequenzabstandes zwischen Sperr- und Durchlassbereich auf der anderen Seite des Sperrbereiches.

5 Die Schaltung der Bandsperre beispielsweise mit Verwendung von kapazitiv angekoppelten Resonatoren ergibt eine Versteilerung des Überganges vom Sperr- zum Durchlassbereich an der oberen oder höheren Kante des Sperrbereiches. Demgegenüber führt die Schaltung der Bandsperre unter Verwendung von induktiv angekoppelten Resonatoren zu einer Versteilerung des Überganges vom Sperr- zum Durchlassbereich an der unteren oder tieferen Kante des jeweiligen Sperrbereiches. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Elemente der Schaltung sowohl an der Ober- als auch an der Unterseite des Substrates angebracht sind. Durch die Verkoppelung durch das Substrat hindurch kann der Einfluss der Dielektrizitätskonstanten des Substratmaterials sowie der Einfluss der Ätztoleranzen verringert werden. Zusätzlich ist es damit möglich, eine stärkere Verkopplung zwischen zwei Leitungen, d.h. Resonatoren, zu erzielen bzw. einen Resonator stärker an eine durchgehende Leitung anzukoppeln.

Der Vorteil der asymmetrischen Sperrfilter ist, dass eine bestimmte Sperrforderung mit einer wesentlich geringeren Anzahl von Resonatoren im Gegensatz zu einer konventionellen Bandpassfilterstruktur realisierbar ist. Zudem ist ein solches Filter bzw. eine solche Duplexweiche für Gleichstrom bzw. niederfrequente Signale durchlässig. D.h. für eventuelle Speise- oder Datenleitungen ist keine gesonderte Vorrichtung zur Umgehung des Filters notwendig.

Erfindungsgemäß ist also vorgesehen, dass die Streifenlei-

tungsresonatoren durch ein Dielektrikum hindurch an eine durchgehende Leitung angekoppelt sind, und dass dabei ferner die durchgehende Leitung mit Abstufungen versehen ist, und zwar bevorzugt an den Ankoppelbereichen bzw.
 5 Ankoppelpunkten der Resonatoren. Die Abstufungen in der durchgehenden Leitung können im Sinne einer Verbreiterung der Leitung als auch im Sinne einer Verringerung der Breite der Leitung (Leitungsverengung) und damit des Leitungsquerschnittes ausgebildet sein.

10

Dadurch ist es letztlich möglich, dass ein Frequenzverlauf mit asymmetrischer Sperr- oder Durchlasswirkung erzielbar wird.

15 Ein derartiges HF-Filter oder eine derartige Bandsperre ist aber üblicherweise so aufgebaut, dass die durchgehende Leitung an ihrem gegenüberliegenden Ende mit jeweils einer Anschlussbuchse versehen ist, an der beispielsweise der Anschluss zu einem Sender oder zu einem Empfänger an-
 20 schließbar ist.

25

30

In einer bevorzugten Ausführungsform können zwei derartige HF-Filter, d. h. bevorzugt zwei derartige Bandsperren zu einer Duplexweiche zusammengeschaltet werden, bei der ferner bevorzugt die durchgehende Leitung insgesamt mit drei Anschlussbuchsen versehen ist. Bevorzugt können die beiden außenliegenden Buchsen zum einen zu einem Sender und zum anderen zu einem Empfänger führen, wobei die dritte Buchse eine Verbindung zu einem gemeinsamen Übertragungsweg herstellt, der im bevorzugten Anwendungsfall zu einer gemeinsamen Antenne führt. Dadurch eignet sich eine derartige Hochfrequenzweiche insbesondere für eine Mobilfunk-Basisstation. Die Duplexweiche kann aber ins-

besondere ebenso auch in einer Mobilfunkantenne bevorzugt fest installiert untergebracht werden, also üblicherweise bei einer an einem Mast montierten stationären Mobilfunkantenne in der Antenne selbst, d. h. innerhalb des Radoms der Antenne oder benachbart zur Antenne an einem Flansch oder am Antennenmast oder Antennenturm selbst.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform wird eine Bandsperre mit kapazitiv angekoppelten Resonatoren mit einer Bandsperre mit induktiv angekoppelten Resonatoren zusammengeschaltet, wodurch sich eine Frequenzweiche mit einem sehr schmalen Übergangsbereich zwischen den beiden Frequenzbändern realisieren lässt.

Schließlich kann in einer bevorzugten Ausführungsform ebenso vorgesehen sein, dass die Hochfrequenzweiche keinen definierten Zustand in der UMTS-Lücke aufweist, also vorzugsweise zwischen dem Frequenzbereich von 1980 MHz bis 2110 MHz.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Dabei zeigen im Einzelnen:

Figur 1: in schematischer Darstellung eine Draufsicht auf ein erstes erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel eines HF-Resonators mit kapazitiver Ankopplung bei versteilterer Flanke an der oberen Bandkante des Sperrbereiches;

Figur 2: einen Querschnitt durch das Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 längs der Linie II-II in Figur 1;

Figur 3: ein zu Figur 1 abgewandeltes Ausführungsbeispiel

in schematischer Draufsicht bezüglich eines HF-Resonators mit induktiver Ankopplung bei ver-
steilter Flanke an der unteren Bandbreite des
Sperrbereiches;

5

Figur 4: eine Querschnittsdarstellung durch Figur 3 längs
der Linie IV-IV;

10

Figur 5: ein Beispiel für eine Duplexweiche mit einer
induktiven Ankopplung in dem einen Zweig der
Duplexweiche und einer kapazitiven Ankopplung in
dem zweiten Zweig der Duplexweiche zur Erzielung
einer versteilerten Flanke zum jeweils zu sper-
renden Band hin;

15

Figur 6: ein Ersatzschaltbild für ein HF-Filter mit an
eine durchgehende Leitung kapazitiv angekoppel-
tem Resonator;

20

Figur 7: ein Diagramm zur Verdeutlichung des Resonanz-
verhaltens eines kapazitiv angeordneten Resona-
tors mit einer versteilerten Flanke/Anpasspol
zur höheren Frequenz;

25

Figur 8: ein Ersatzschaltbild für ein HF-Filter mit an
eine durchgehende Leitung induktiv angekoppeltem
Resonator; und

30

Figur 9: ein Diagramm zur Verdeutlichung des Resonanz-
verhaltens eines induktiv angeordneten Resona-
tors mit einer versteilerten Flanke/Anpasspol
zur niedrigeren Frequenz;

In Figur 1 ist ein erstes Ausführungsbeispiel einer asymmetrischen Bandsperre mit kapazitiver Ankopplung der Resonatoren gezeigt. Dazu ist auf einer dielektrischen Platte 1, die nachfolgend auch als Substrat 1 bezeichnet wird, eine durchgehende Leitung 3 auf der Oberseite der Platte 1 angebracht. Die Leitung 3 weist eine Länge auf, die der Länge der Platte 1 entspricht, so dass die Leitung 3 in diesem Ausführungsbeispiel von der linken Seite 1' der Platte 1 bis zur rechten Seite 1'' der Platte 1 ausgebildet ist, also vom Eingang 3a zum Ausgang 3b.

Die Leitungsbreite 5 weist an verschiedenen Abschnitten eine vom Normalmaß abweichende Breite auf. So ist die Leitungsbreite 5a geringer und die Leitungsbreite 5b größer als das Normalmaß der Leitungsbreite 5.

Ferner sind auf der dielektrischen Platte 1 drei Resonatoren 9 vorgesehen, nämlich 9a, 9b und 9c. Die Resonatoren 9a bis 9c weisen die Längen L_1 , L_2 bzw. L_3 und die zugehörigen Breiten B_1 , B_2 bzw. B_3 auf.

Unterhalb des Substrates 1 und damit unterhalb der auf der Unterseite des Substrates 1 ausgebildeten Resonatoren 9 ist im Abstand dazu eine Massefläche 11 vorgesehen, die im gezeigten Ausführungsbeispiel der Größe der Platte 1 entspricht. Mit anderen Worten sind also die Resonatoren 9 auf der Seite des Substrates 1 ausgebildet, die der Massefläche 11 zugewandt liegt. Zwischen dem Substrat 1 und der Massefläche 11 befindet sich ein Dielektrikum, welches im gezeigten Ausführungsbeispiel aus Luft besteht.

Die erwähnten Resonatoren 9a bis 9c sind im erläuterten Ausführungsbeispiel an ihren beiden Enden leerlaufend,

d.h. ihre Länge entspricht bevorzugt der halben Wellenlänge der ersten Resonanzfrequenz. Bei einem solchen Resonator mit einer Länge entsprechend der ersten Resonanzfrequenz ist das elektrische Feld an beiden Enden des Resonators maximal, wohingegen das magnetische Feld an beiden Enden minimal wird.

In Figur 1 sind die an der Unterseite des Substrates vorgesehenen Resonatoren strichliert eingezeichnet. Aus Figur 1 und aus der Querschnittsdarstellung gemäß Figur 2 ist zu
10
ersehen, dass die einen Enden der Resonatoren 9a, 9b und 9c jeweils auf der gegenüberliegenden Seite des Substrates in unmittelbarer Nähe der durchgehenden Leitung 3 zu liegen kommen. D.h., dass die der durchgehenden Leitung 3
15
naheliegenden Enden der Resonatoren 9 in Draufsicht senkrecht zur Platte 1 sich mit Abschnitten der durchgehenden Leitung 3 überlappen oder in geringem Abstand dazu enden. Genau in jenem Bereich, in welchem die der Leitung 3 nahe-
20
liegenden Enden der Resonatoren 9 enden, ist die jeweils durchgehende Leitung 3 mit der erwähnten Leitungsverengung 5a oder Leitungsverbreiterung 5b versehen. Das in Längsrichtung der Leitung 3 verlaufende Längsmaß, in welchem die Leitungsverengung 5a bzw. die Leitungsverbreiterung 5b
25
ausgebildet sind, entspricht im gezeigten Ausführungsbeispiel der Breite B1 bis B3 der Resonatoren. Ferner ist dieses Längsmaß der Leitungsverengung 5a bzw. der Leitungsverbreiterung 5b und damit das Breitenmaß B1 bis B3
30
aller drei Resonatoren gleich. Diese Maße können im Einzelfall aber auch unterschiedlich sein und voneinander abweichen.

Durch das elektrische Feld am Ende des Resonators (im Bereich der durchgehenden Leitung 3) erfolgt die elek-

trisch-kapazitive Ankopplung des jeweiligen Resonators. Das entsprechende Ersatzschaltbild dazu ist in Figur 6 wiedergegeben.

- 5 Das erläuterte System mit einem kapazitiv angekoppelten Resonator besteht aus drei Reaktanzen. In diesem System wird eine Serienresonanz und eine Parallelresonanz bei wählbaren Frequenzen angeregt.

10
$$f_{parallel} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_{parallel}}}$$

$$f_{seriell} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_{seriell}}}$$

- Durch die Reihenschaltung von $C_{seriell}$ mit den parallel geschalteten Reaktanzen L und $C_{parallel}$ gemäß Figur 1 und 2 an
 15 eine durchgehende Leitung 3 wird diese Leitung 3 bei Serienresonanz kurzgeschlossen und bei Parallelresonanz als durchgehende Leitung betrieben. Bei Serienresonanz sind $C_{seriell}$ und L für die Gesamtimpedanz der Schaltung maßgeblich. D.h., die Impedanz der Gesamtschaltung ähnelt
 20 der eines Serienschwingkreises. D.h., der Betrag der Impedanz der Schaltung ist niedrig. Bei Parallelresonanz sind $C_{parallel}$ und L für die Gesamtimpedanz der Schaltung maßgeblich. D.h. die Impedanz der Gesamtschaltung ähnelt
 25 der eines Parallelschwingkreises. D.h., der Betrag der Impedanz der Schaltung ist hoch. Für die Leitung entspricht dies bei Serienresonanz einem Sperrpol sowie bei Parallelresonanz einem Anpassungspol.

Um die Sperr- und die Durchlassfrequenz möglichst unabhängig voneinander einstellen zu können, sind drei mögliche Freiheitsgrade zu berücksichtigen, die im Sinne von drei variablen oder drei unabhängigen Größen einstellbar sind.

5

Im Fall der kapazitiv angekoppelten asymmetrischen Bandsperren betrifft der eine variable Freiheitsgrad die Länge L_1 , L_2 bzw. L_3 des jeweiligen Resonators. Die zweite Variable betrifft den Versatz zwischen dem Resonator und der durchgehenden Leitung (also dem Versatz in Querrichtung zur Längsrichtung der elektrischen Leitung). Die dritte Variable wird durch das Maß der Leitungsverengung $5a$ bzw. die Leitungsverbreiterung $5b$ gebildet. Durch die geeignete Einstellung dieser Werte kann das geforderte Durchlass-/Sperrverhalten in gewünschtem Maße eingestellt werden. Dabei gilt bevorzugt

10

$$f_{\text{seriell}} < f_{\text{parallel}}$$

20

Damit ist es möglich, eine Bandsperre mit kapazitiv angekoppelten Resonatoren dahingehend zu modifizieren, dass der Übergangsbereich zwischen dem Sperrband und dem bei höheren Frequenzen liegenden Durchlassband für eine gegebene Anzahl an Resonatoren verringert wird. Umgekehrt kann eine vorgegebene Forderung bezüglich der Sperrwirkung mit einer sehr geringen Anzahl an Resonatoren erfüllt werden.

25

30

Nachfolgend wird auf das Ausführungsbeispiel gemäß Figuren 3 und 4 Bezug genommen, die eine asymmetrische Bandsperre mit induktiver Ankopplung der Resonatoren zeigt.

Gleiche technische Mittel sind dabei mit gleichen Bezugszeichen versehen.

In Abweichung zu dem Ausführungsbeispiel nach den Figuren 1 und 2 sind bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figuren 3 und 4 auf der dielektrischen Platte drei U-förmig gebogene Resonatoren 19, d.h. Resonatoren 19a, 19b, 19c vorgesehen, die haarnadelförmig gestaltet sind. Die Resonatoren weisen jeweils die Längen L_1 , L_2 bzw. L_3 auf. Die Breite ihrer einzelnen Schenkel der U-förmig gestalteten Resonatoren beträgt B_1 , B_2 bzw. B_3 . Die Gesamtbreite der U-förmigen Resonatoren 19, d.h. ihr Erstreckungsmaß jeweils von der Außenkante ihrer parallel zueinander verlaufenden Schenkel (und damit der Länge des Verbindungsabschnittes zwischen den beiden parallel verlaufenden Schenkeln) ergibt ihre Koppellänge K_1 , K_2 bzw. K_3 . Dabei sind die Resonatoren 19, wie in dem Ausführungsbeispiel nach den Figuren 1 und 2, ebenfalls auf der gegenüberliegenden Seite durchgehenden Leitung 3 und damit auf der der Massefläche 11 zugewandten Linienseite des Substrates 1 ausgebildet. Die Resonatoren sind ebenfalls wieder leerlaufend, d.h. ihre Länge entspricht bevorzugt der halben Wellenlänge der ersten Resonanzfrequenz. Bei einem derartigen Resonator, bei der die Länge der halben Wellenlänge etwa der Resonanzfrequenz entspricht, ist das elektrische Feld an beiden Enden maximal, wohingegen das magnetische Feld minimal wird. In der Mitte zwischen den Enden des Resonators ist dabei das elektrische Feld minimal und das magnetische Feld maximal.

Auch bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figuren 3 und 4 ist der Mitten- oder Verbindungsbereich 19' der U-förmig gebogenen Resonatoren 19 so angeordnet, dass sich dieser mittlere Bereich zumindest geringfügig in Draufsicht auf das Substrat 1 mit der durchgehenden Leitung 3 überlappt oder in unmittelbarer Nähe dazu zu liegen kommt. Ebenso ist bei diesem erläuternden Ausführungsbeispiel die durchgehende

Leitung 3 im Bereich des mittleren Abschnittes 19' der Resonatoren 19 weder mit einer Leitungsverengung 5a oder einer Leitungsverbreiterung 5b versehen, wobei die Länge in Längsrichtung der durchgehenden Leitung 3 der Leitungsverengung 5a bzw. der Leitungsverbreiterung 5b beispielsweise der lichte Innenabstand der parallelen Schenkel 19b der jeweiligen Resonatoren 19 sein kann aber nicht sein muss.

10 Durch das magnetische Feld in der Mitte des Resonators erfolgt hier die elektrisch-induktive Ankopplung des jeweiligen Resonators 19. Das entsprechende Ersatzschaltbild ist dabei in Figur 8 wiedergegeben.

15 Auch dieses erläuterte System mit einem induktiv angekoppelten Resonator besteht aus drei Reaktanzen. In diesem System wird eine Serienresonanz und eine Parallelresonanz bei wählbaren Frequenzen angeregt.

20
$$f_{parallel} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{parallel}C}}$$

$$f_{seriell} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{seriell}C}}$$

25 Durch die Reihenschaltung von $L_{seriell}$ mit den parallel geschalteten Reaktanzen $L_{parallel}$ und C gemäß Figur 3 und 4 an eine durchgehende Leitung 3 wird diese Leitung 3 bei Serienresonanz kurzgeschlossen und bei Parallelresonanz als
30 durchgehende Leitung betrieben. Bei Parallelresonanz sind C und $L_{parallel}$ für die Gesamtimpedanz der Schaltung maß-

geblich. D.h., die Impedanz der Gesamtschaltung ähnelt der eines Parallelschwingkreises. D.h., der Betrag der Impedanz der Schaltung ist hoch. Bei Serienresonanz sind C und L_{seriell} für die Gesamtimpedanz der Schaltung maßgeblich. D.h., die Impedanz der Gesamtschaltung ähnelt der eines Serienschwingkreises. D.h., der Betrag der Impedanz der Schaltung ist niedrig. Für die Leitung entspricht dies bei Serienresonanz einem Sperrpol und bei Parallelresonanz einem Anpassungspol.

Um die Sperr- und Durchlassfrequenz möglichst unabhängig voneinander einstellen zu können, sind auch hier wiederum drei Freiheitsgrade oder Variablen gegeben, die voneinander unabhängig bezüglich ihrer Größe einstellbar sind.

Im Fall der induktiv angekoppelten asymmetrischen Bandsperre ist eine Variable durch die Länge L_1 , L_2 bzw. L_3 eines jeweiligen Resonators 19 gegeben. Die zweite Variable betrifft den Versatz zwischen Resonator und durchgehender Leitung. Mit Versatz ist hier ebenfalls wiederum ein Relativmaß zu verstehen, mit welchem der U-förmige Resonator in Querrichtung quer zur Längsrichtung der durchgehenden Leitung 3 relativ versetzt dazu angeordnet wird. Der die beiden Schenkel des jeweiligen Resonators 19 verbindende mittlere Bereich 19' ist dabei parallel zur durchgehenden Leitung 3 angeordnet, wobei die jeweiligen Schenkel 19' eines jeweiligen Resonators 19 quer zur Längsrichtung der durchgehenden Leitung 3 zu liegen kommen. Die dritte Variable betrifft das Maß der Leitungsverengung 5a bzw. Leitungsverbreiterung 5b. Auch in diesem Ausführungsbeispiel lässt sich durch die geeignete Einstellung dieser drei Werte das geforderte Durchlass- bzw. Sperrverhalten einstellen. Bevorzugt ist hier

$$f_{\text{parallel}} < f_{\text{seriell}}$$

5 Damit ist es möglich, eine Bandsperre mit induktiv ange-
 koppelten Resonatoren dahingehend zu modifizieren, dass
 der Übergangsbereich zwischen dem Sperrband und dem bei
 niedrigeren Frequenzen liegenden Durchlassband für eine
 gegebene Anzahl von Resonatoren verringert wird. Umgekehrt
 10 kann bei vorgegebener Sperrwirkung die entsprechende
 Schaltung mit einer sehr geringen Anzahl von Resonatoren
 realisiert werden.

15 In Figur 7 ist das Resonanzverhalten eines kapazitiv ange-
 koppelten Resonators entsprechend dem Ersatzschaltbild 6
 wiedergegeben, woraus die versteilerte Flanke zu höheren
 Frequenzen (Anpasspol) ersichtlich ist. Dabei ist in der
 Grafik einmal die Durchlassdämpfung DD, der Sperrbereich
 SB sowie der Durchlassbereich DB und die Rückflusdämpfung
 20 RD eingezeichnet.

25 In Figur 9 ist das Resonanzverhalten eines induktiv ange-
 koppelten Resonators wiedergegeben, und zwar entsprechend
 dem Ersatzschaltbild nach Figur 8. Dabei ist auch hier die
 versteilerte Flanke zur niedrigeren Frequenz (Anpasspol)
 sichtbar. Auch hierin ist dabei die Rückflusdämpfung RD,
 der Durchlassbereich DB sowie zum anderen der Sperrbereich
 SB und die Durchlassdämpfung DD eingezeichnet.

30 Anhand der Figur 5 wird nunmehr erläutert, wie mit Hilfe
 der Bandsperren- bzw. HF-Filter auch eine Duplexweiche
 aufgebaut werden kann.

Figur 5 zeigt dabei die mögliche Zusammenschaltung von zwei Bandsperren. Dabei ist eine Bandsperre gemäß Figuren 1 und 2 mit einer Bandsperre gemäß Figuren 3 und 4 zu einer Duplexweiche gemäß Figuren 5 und 6 zusammengeschaltet worden, und zwar derart, dass die durchgängige Leitung an dem ersten Eingang 3a und von dem gegenüberliegenden zweiten Eingang 3a' zu einer gemeinsamen in der Mitte liegenden und quer wegführenden Ausgangsleitung 3b verbunden sind. Im gezeigten Ausführungsbeispiel gemäß Figuren 5 und 6 sind in jedem Zweig der betreffenden Duplexweiche in Abweichung zu den vorausgegangenen Ausführungsbeispielen nur jeweils zwei Resonatoren vorgesehen.

Die Zusammenschaltung gemäß Figur 5 kann (wie dargestellt) über Transformationsleitungen, allerdings auch über gemeinsame Resonatoren sowie über elektrische oder magnetische Felder oder andere geeignete Arten der Zusammenschaltung erfolgen.

Wird für das Teilfilter im Unterband (d.h. der Durchlassbereich ist bei der tieferen Frequenz) eine asymmetrische Bandsperre mit induktiver Ankopplung sowie für das Teilfilter im oberen Band (d.h. der Durchlassbereich ist hier bei der höheren Frequenz) eine asymmetrische Bandsperre mit kapazitiver Ankopplung gewählt, so kann der Übergangsbereich zwischen Ober- und Unterband für eine gegebene Anzahl an Resonatoren minimiert werden. Ebenso kann bei einer gegebenen Selektionsforderung zwischen dem Ober- und Unterband eine entsprechende Schaltung mit einer sehr viel geringeren Anzahl an Resonatoren im Vergleich zu Bandpässen realisiert werden.

345 P 376

5 **Patentansprüche:**

1.Hochfrequenzfilter, insbesondere nach Art einer Duplex-
weiche, mit folgenden Merkmalen:

- es ist eine Platte oder ein Substrat (1) vorgesehen,
- 10 - auf der Platte oder dem Substrat (1) ist eine durch-
gehende Leitung (3) ausgebildet,
- auf der gegenüberliegenden Seite zur durchgehenden
Leitung (3) sind auf der Platte oder dem Substrat (1)
Resonatoren (9, 19) vorgesehen,
- 15 - die Resonatoren (9, 19) sind in Längsrichtung der
durchgehenden Leitung (3) versetzt zueinander an-
geordnet,
- vorzugsweise ist zur Platte oder zu dem Substrat (1)
parallel dazu versetzt liegend eine Massefläche (11)
20 vorgesehen, wobei vorzugsweise zwischen der Platte
oder dem Substrat (1) und der Massefläche (11) ein
Dielektrikum vorgesehen ist,

gekennzeichnet durch die folgenden weiteren Merkmale:

- die Resonatoren (9, 19) sind durch ein Dielektrikum
25 hindurch, vorzugsweise in Form der Platte oder des
Substrates (1) an die durchgehende Leitung (3) ange-
koppelt,
- zumindest ein Teil zumindest eines Resonators (9, 19)
ist so angeordnet, dass bei Betrachtung senkrecht zur
30 Platte oder zu dem Substrat (1) zumindest ein Teil
eines Resonators (9, 19)
 - a) sich mit der durchgehenden Leitung (3) über-
lappt, oder

- b) einen kleinsten Abstand zur durchgehenden Leitung (3) aufweist, der kleiner oder gleich ist der Breite der durchgehenden Leitung quer zu deren Längsrichtung, und
- 5 - die durchgehende Leitung (3) weist zumindest eine Leitungsverengung (5a) oder zumindest eine Leitungsverbreiterung (5b) auf.

10 2. Hochfrequenzfilter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Teil zumindest eines Resonators (9, 19), vorzugsweise zumindest ein Teil der Resonatoren (9, 19) so angeordnet ist, dass bei Betrachtung senkrecht zur Platte oder zu dem Substrat (1) zumindest

15 ein Teil zumindest eines Resonators (9, 19) einen maximalen Abstand von der durchgehenden Leitung (3) aufweist, der kleiner oder gleich ist der halben Breite der durchgehenden Leitung (3a).

20 3. Hochfrequenzfilter nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass alle Resonatoren (9, 19) zumindest mit einem Teil bei Betrachtung senkrecht zur Platte oder zu dem Substrat (1) sich mit der durchgehenden Leitung (3) überlappen oder mit ihrem nächstliegenden Ende oder Abschnitt einen maximalen Abstand zur durchgehenden Leitung

25 (3) aufweisen, der kleiner oder gleich der halben Breite der durchgehenden Leitung (3) ist.

30 4. Hochfrequenzfilter nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zumindest eine Leitungsverengung (5a) und/oder die zumindest eine Leitungsverbreiterung (5b) zwischen zwei Resonatoren (9, 19) vorgesehen ist.

5. Hochfrequenzfilter nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die durchgehende Leitung (3) zumindest bezüglich eines Resonators (9, 19) in dem Bereich, in welchem sich die durchgehende Leitung (3) mit zumindest einem Abschnitt oder einem Teil des Resonators (9, 19) überlappt oder dort einen minimalen Abstand zum Resonator (9, 19) aufweist, eine Leitungsverengung (5a) oder eine Leitungsverbreiterung (5b) aufweist.
6. Hochfrequenzfilter einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Resonatoren (9, 19) auf der Seite der Platte oder des Substrates (1) ausgebildet sind, die der Massefläche (11) zugewandt liegt.
7. Hochfrequenzfilter nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Resonatoren (9) kapazitiv an die durchgehende Leitung (3) angekoppelt sind.
8. Hochfrequenzfilter nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die kapazitiv angekoppelten Resonatoren zumindest einen gerade verlaufenden Streifenleitungsabschnitt umfassen, der mit seiner Längsrichtung quer, d.h. vorzugsweise senkrecht zur Erstreckungsrichtung der durchgehenden Leitung (3) verlaufend ausgerichtet ist.
9. Hochfrequenzfilter nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Breite (B1, B2, B3) der kapazitiv angekoppelten Resonatoren (9) der Länge der Leitungsverengung (5a) bzw. der Leitungsverbreiterung (5b) der Leitung (3) in deren Längsrichtung entspricht oder nicht mehr als 50%, vorzugsweise weniger als 30% davon abweicht.

10. Hochfrequenzfilter nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Durchlass-/Sperrverhalten des HF-Filters (9) durch die Länge (L1, L2, L3) des jeweiligen Resonators (9a, 9b, 9c) und/oder durch das Maß der
5 Leitungsverengung (5a) bzw. der Leitungsverbreiterung (5b) und/oder durch den Versatz des jeweiligen Resonators (9; 9a, 9b, 9c) gegenüber der durchgängigen Leitung (3) bzw. durch das Überlappungsmaß zwischen der durchgängigen Leitung (3) und dem benachbart liegenden Ende des jeweiligen
10 Resonators (9; 9a, 9b, 9c) einstellbar ist.

11. Hochfrequenzfilter nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Resonatoren (9) induktiv an die durchgehende Leitung (3) angekoppelt sind.
15

12. Hochfrequenzfilter nach einem der Ansprüche 1 bis 6 oder 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die induktiv angekoppelten Resonatoren aus in Draufsicht U-förmigen oder aus U-förmig angenäherten Streifenleitungsresonatoren
20 gebildet sind, die so angeordnet sind, dass ihr jeweiliger mittlerer Verbindungsabschnitt (19'), durch die die beiden Schenkel (19'') der zumindest U-förmig angenäherten Streifenleitungsresonatoren miteinander verbunden sind, zumindest näherungsweise parallel zu dem benachbarten Abschnitt der durchgehenden Leitung (3) liegt.
25

13. Hochfrequenzfilter nach einem der Ansprüche 1 bis 6, 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Breite (B1, B2, B3) der Schenkel der Streifenleitungsresonatoren kleiner ist als das Längserstreckungsmaß der Leitungsverengung
30 (5a) oder Leitungsverbreiterung (5b).

14. Hochfrequenzfilter nach einem der Ansprüche 1 bis 6 oder 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gesamtbreite oder Koppellänge (K1, K2, K3) der Resonatoren (19) größer ist als das Längsmaß der Leitungsverengung (5a) oder Leitungsverbreiterung (5b).

15. Hochfrequenzfilter nach einem der Ansprüche 1 bis 6 oder 11 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Durchlass-/ Sperrverhalten des HF-Filters (19) durch die Länge (L1, L2, L3) des jeweiligen Resonators (9a, 9b, 9c) und/oder durch das Maß der Leitungsverengung (5a) bzw. der Leitungsverbreiterung (5b) und/oder durch den Versatz zwischen dem jeweiligen Resonator (9; 9a, 9b, 9c) gegenüber der durchgängigen Leitung (3) bzw. durch das Überlappungsmaß zwischen der durchgängigen Leitung (3) und dem benachbart liegenden Ende des jeweiligen Resonators (9; 9a, 9b, 9c) einstellbar ist.

16. Hochfrequenzfilter nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Duplexweiche aus zwei Hochfrequenzfilter-Anordnungen (9, 19) zusammengesetzt ist.

17. Hochfrequenzfilter nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass der eine Zweig der Duplexweiche aus einer Bandsperre mit induktiver Ankopplung von Resonatoren (9) und der andere Zweig aus einer Bandsperre mit kapazitiver Ankopplung der Resonatoren (19) besteht.

18. Hochfrequenzfilter nach einem der Ansprüche 16 oder 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Duplexweiche in ihrem einen Zweig für einen Durchlass in einem unteren Band in einer tieferen Frequenz eine asymmetrische Bandsperre mit

Resonatoren (9) mit induktiver Ankopplung und im anderen Zweig für einen Durchlass in einem oberen Band bei höherer Frequenz eine Bandsperre mit kapazitiver Ankopplung von Resonatoren (19) umfasst.

5

19. Hochfrequenzfilter nach einem der Ansprüche 1 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Durchlass-/Sperrverhalten des Hochfrequenzfilters so einstellbar ist, dass $f_{\text{parallel}} < f_{\text{seriell}}$ ist.

10

20. Hochfrequenzfilter nach einem der Ansprüche 1 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Filter bzw. die Bandsperre asymmetrisch ausgebildet ist.

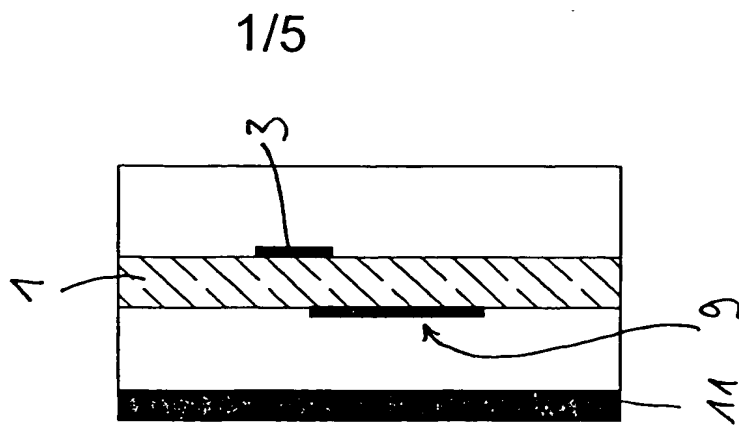


Fig. 2

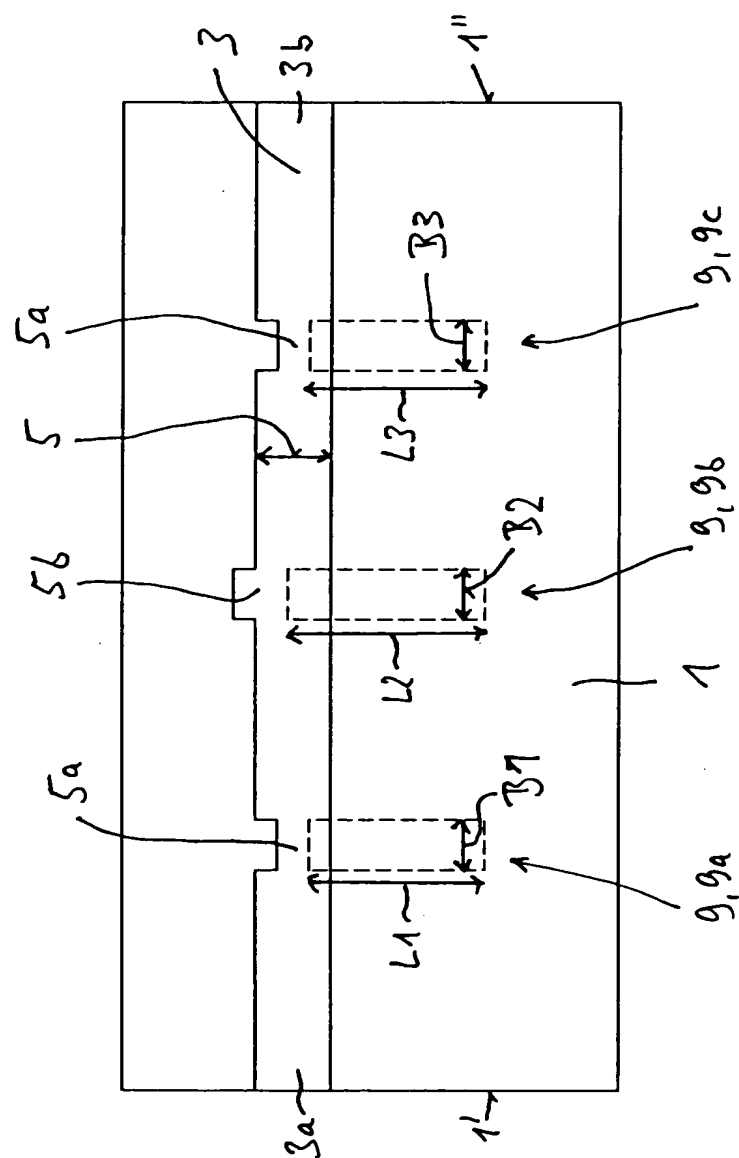
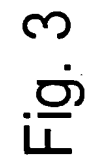
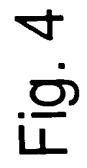


Fig. 1



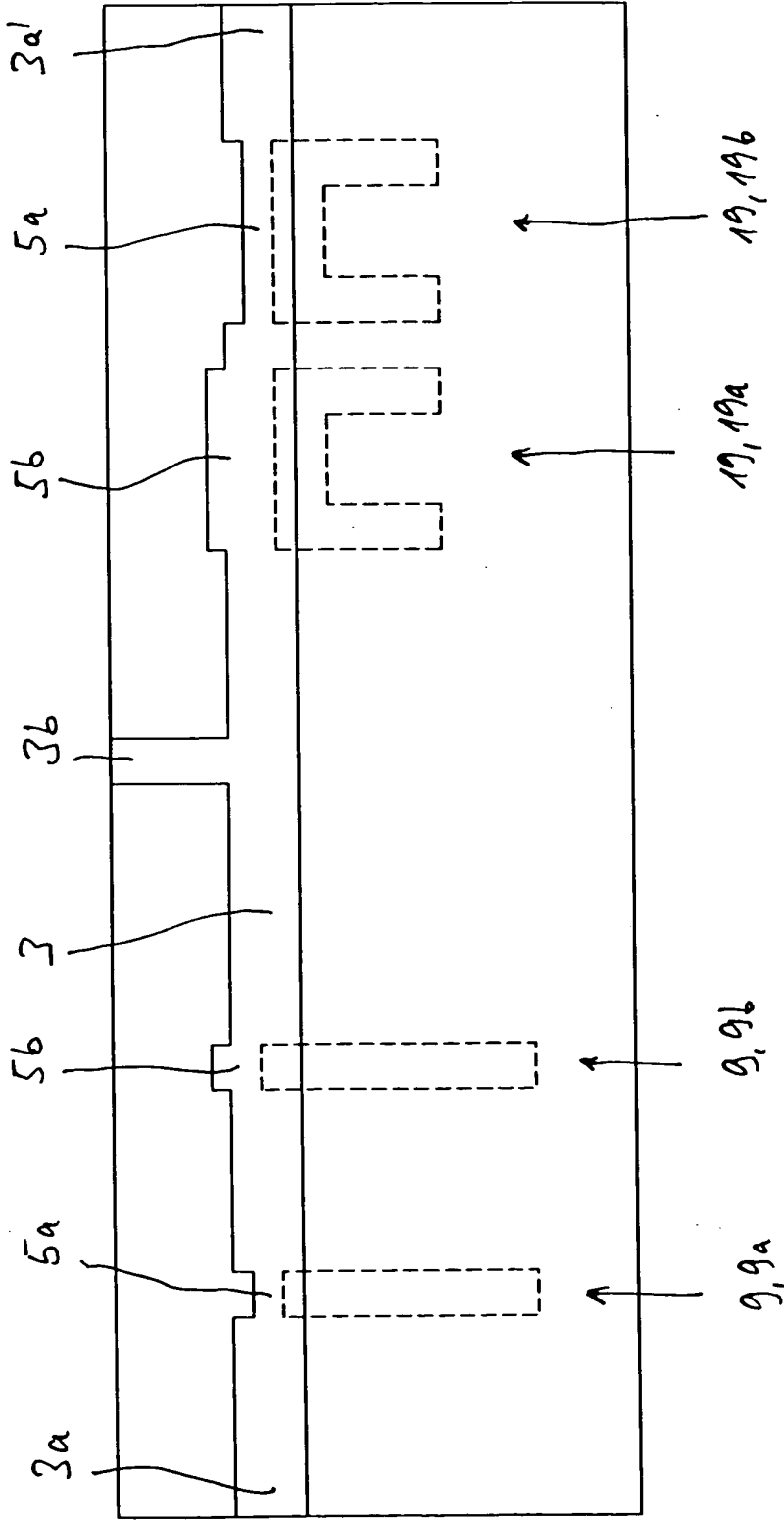


Fig. 5

4/5

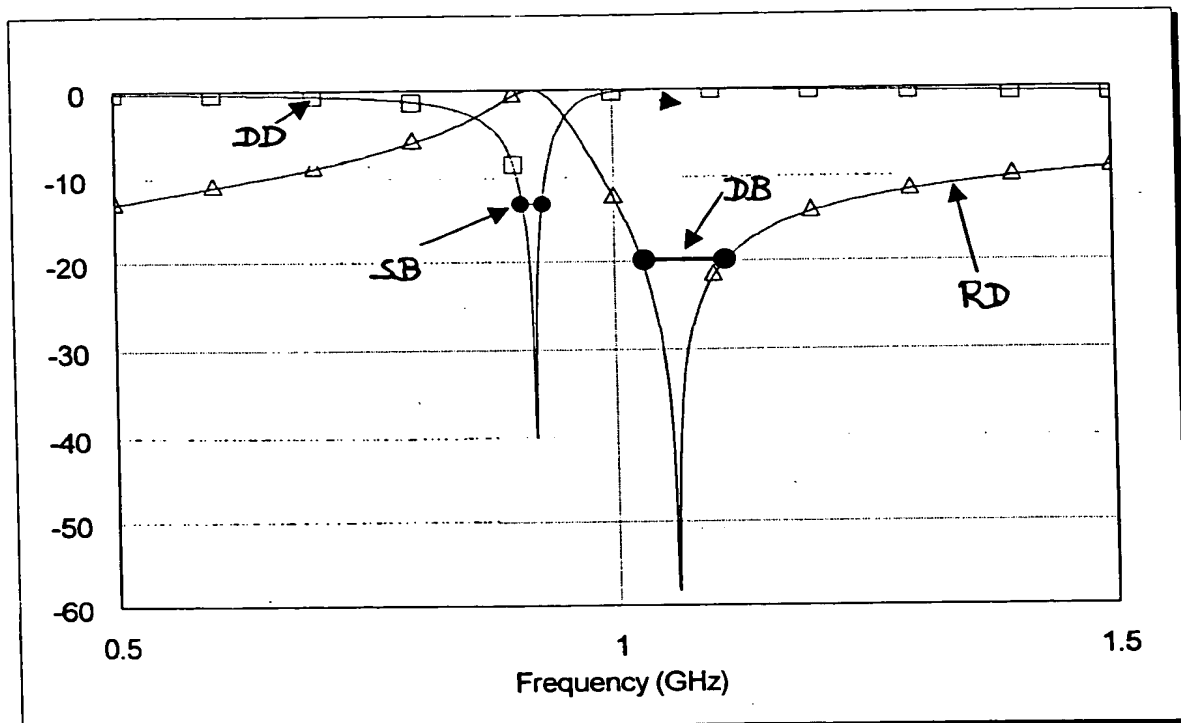


Fig. 7

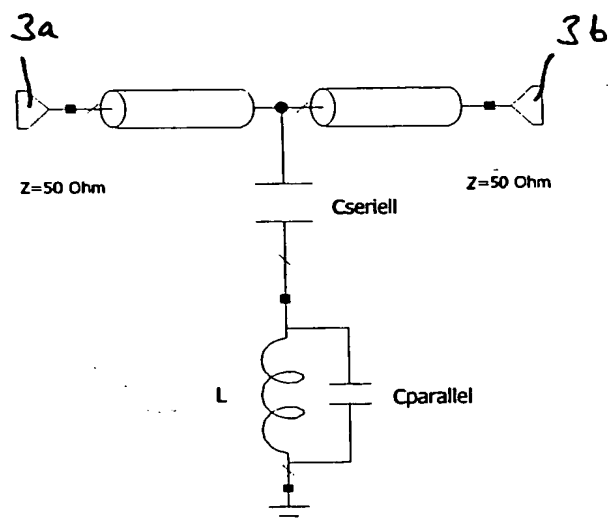


Fig. 6

5/5

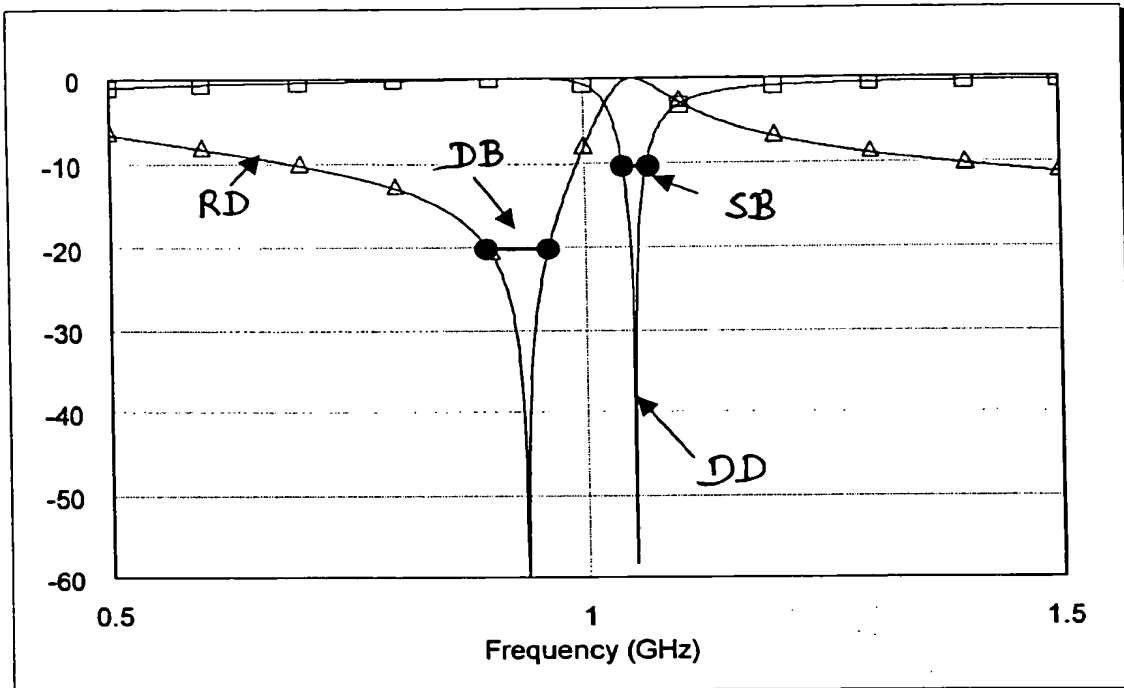


Fig. 9

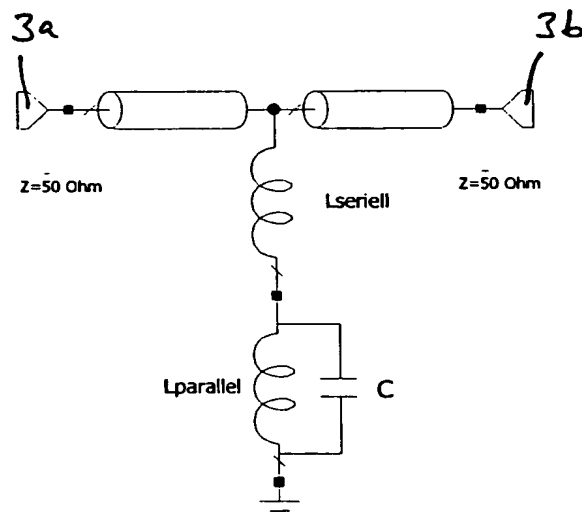


Fig. 8

345 P 376

5 Hochfrequenzfilter, insbesondere nach Art einer Duplexweiche

10 Ein verbessertes Hochfrequenzfilter zeichnet sich durch folgende Merkmale aus:

- die Resonatoren (9, 19) sind durch ein Dielektrikum hindurch, vorzugsweise in Form der Platte oder des Substrates (1) an die durchgehende Leitung (3) angekoppelt,
- 15 - zumindest ein Teil der Resonatoren (9, 19) ist so angeordnet, dass bei Betrachtung senkrecht zur Platte oder zu dem Substrat (1) zumindest ein Teil des Resonators (9, 19) sich mit der durchgehenden Leitung (3) überlappt, und
- 20 - die durchgehende Leitung (3) hat zumindest bei einem Resonator (9, 19) in dem Bereich oder Abschnitt, in welchem sich die durchgehende Leitung (3) mit zumindest einem Abschnitt oder einem Teil der Resonatoren (9, 19) überlappt, eine Leitungsverengung (5a) oder eine Leitungsverbreiterung (5b).
- 25

(Figur 1)

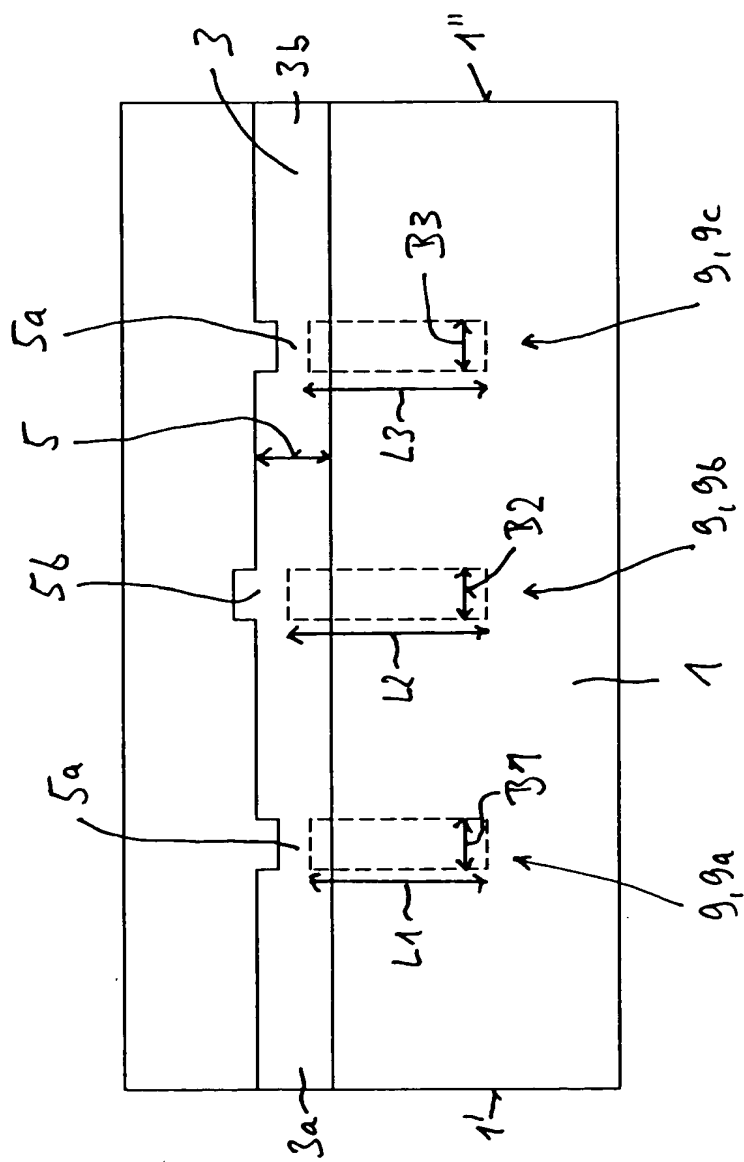


Fig. 1